

PENELUSURAN BANJIR (*STAGE HYDROGRAPH*) MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN (Studi Kasus: DAS Siak)

¹Manyuk Fauzi, ¹Imam Suprayogi, ²Ashral

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km. 12,5 Sp. Baru Panam, Pekanbaru 28293

e-mail : teknik-sipil@unri.ac.id, website: <http://ce.unri.ac.id>

ABSTRAK

The purpose of this research is to predict the height of water level of Siak River Sub DAS Siak Hulu Pantai Cermin Station in 2012 by using water level data recorded by Sub DAS Tapung Kiri Tandun Station in the same year. This is to search for a more convenient and accurate method in flood routing from all methods that have been applied in the hope that this research can be considered as an alternative method.

This research is conducted by using backpropagation algorithm artificial neural network approach with single input and single output as network model configuration. The approach itself uses Matlab 7.8.0.347 (R2009a) as supporting program.

This research shows that the results of the training, test, and validation of artificial neural network model have a fairly good level of correlation with the value of R 0.58713, 0.64818 and 0.65933 though not yet provide maximum results. The level of correlation between prediction result with actual data is 0,518.

Keywords: flood routing, water level, artificial neural network, backpropagation, tapung kiri, siak hulu

PENDAHULUAN

Pada perencanaan bangunan-bangunan air dan berbagai permasalahan keairan lainya selalu dibutuhkan informasi tentang debit yang dapat diwujudkan dengan hidrograf banjir yang merupakan grafik hubungan antara debit-waktu. Hidrograf banjir dibutuhkan untuk mengetahui besarnya aliran sungai pada suatu waktu, dengan menganalisis tinggi muka airnya, namun demikian terkadang informasi tentang tinggi muka air tidak selalu tersedia, karena pada lokasi tertentu tidak terdapat rekaman hasil pencatatannya.

Dalam hal ini model penelusuran banjir (*flood routing*) dapat dipandang sebagai prosedur yang dibutuhkan untuk menentukan hidrograf suatu titik di hilir dari hidrograf yang ditentukan dari titik di hulu, baik hidrograf debit maupun hidrograf tinggi muka air.

Dewasa ini, telah ada minat yang tumbuh dalam analisis proses hidrologi yang kompleks dengan menggunakan teknik pemodelan, salah satunya yaitu jaringan saraf tiruan (JST). Jaringan Saraf Tiruan adalah suatu alat yang dituangkan dalam suatu bahasa pemrograman.

Penelusuran banjir baik berupa ketinggian muka air maupun besarnya debit dapat dilakukan dengan beberapa metode dan pendekatan. Dengan banyaknya metode yang memiliki kelebihan dan kekurangan maka penelitian serta perbaikan terus dilakukan sehingga didapatkan metode yang hanya memiliki kelebihan dalam usaha penelusuran banjir tersebut. Oleh karena itu, dicoba alternatif lain yang lebih mudah dan sederhana untuk penelusuran banjir yaitu menggunakan jaringan saraf tiruan sebagai usaha meneliti metode yang dapat digunakan untuk penelusuran banjir.

Dengan menjadikan Jaringan Saraf Tiruan sebagai salah satu cara alternatif maka perlu diteliti apakah arsitektur model jaringan saraf tiruan ini memiliki keandalan yang baik dalam memprediksi dengan memanfaatkan ketersediaan data *automatic water level recorder* (AWLR) pada DAS Siak Tahun 2009 s/d 2012. Tujuan dari penelitian ini adalah memprediksi tinggi muka air di suatu titik menggunakan metode jaringan saraf tiruan. Sedangkan manfaat dari penelitian ini yaitu dapat dijadikan metode alternatif dalam cara penelusuran banjir yang lebih cepat dan akurat, selain itu hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu cara peringatan dini terhadap banjir.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelusuran Banjir

Berdasarkan referensi buku hidrologi, Nugroho Hadisusanto, apabila terjadi peningkatan debit pada sungai, maka tinggi muka air sungai akan naik. Dengan naiknya tinggi muka air sungai, maka volume air yang ada untuk sementara waktu akan tertampung dalam alur sungai. Selanjutnya pada saat terjadi penurunan debit banjir, jumlah volume air yang sama akan dilepas dari penampungannya dan mengakibatkan munculnya gelombang muka air yang bergerak ke hilir sungai.

Pergerakan-pergerakan gelombang sungai alami dalam perencanaan biasanya diprediksi dengan menggunakan pendekatan sebagai berikut:

1. Penelusuran banjir dengan cara hidrologis (*hydrologic routing*).
2. Penelusuran banjir dengan cara hidrolika (*hydrolic routing*).
3. Penelusuran banjir pada aliran (*stream flow routing*)

Penelusuran banjir secara hidrologis dengan prinsip apabila diketahui aliran pada suatu titik di bagian hulu sungai maka penelusuran banjir dapat dilakukan untuk menghitung aliran di bagian hilirnya.

Untuk penelusuran banjir pada sungai dengan pendekatan hidrologis, metode Muskingum adalah metode yang sering digunakan, dimana metode ini pada umumnya dipakai untuk menghitung variabel yang berhubungan dengan debit (Q) tampungan (ΔS). Tetapi sebelum dapat menentukan hubungan antara debit dan tampungan, maka diperlukan penentuan terlebih dahulu jumlah volume air pada aliran sungai untuk berbagai waktu. Dengan menggunakan rumus prismoid dapat dihitung kondisi jumlah volume tampungan berdasarkan kondisi masing-masing penampang melintang sungai atau saluran pada interval jarak tertentu.

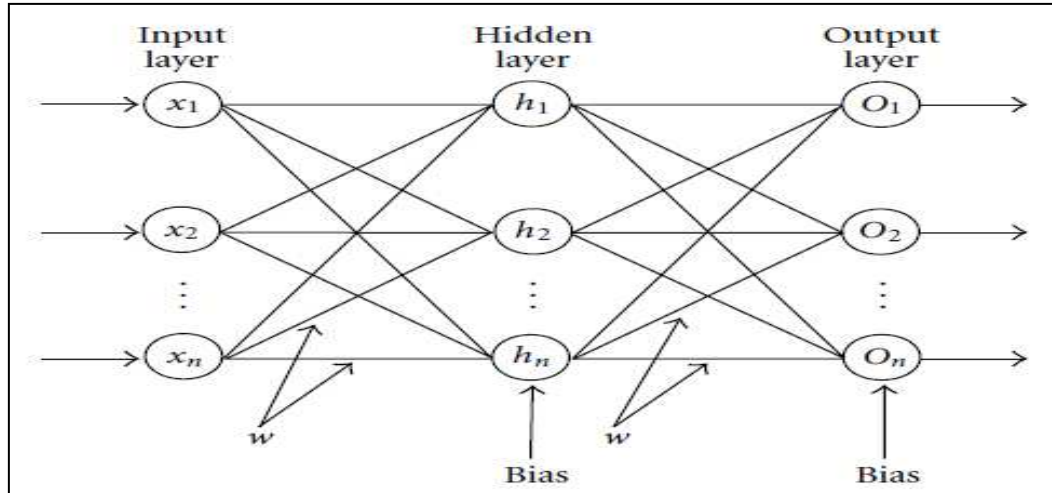
Hidrograf Muka Air (*Stage Hydrograph*)

Hidrograf Muka Air (*Stage Hydrograph*), adalah hubungan antara muka air dengan fungsi waktu pada suatu penampang aliran air, yang digambarkan pada kurva dengan unsur ketinggian (H) pada sumbu vertikal dan unsur waktu (t) pada sumbu horizontal.

Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan adalah konsep pengolahan informasi yang terinspirasi oleh sistem saraf secara bioogis, seperti proses informasi pada otak manusia. Elemen kunci dari konsep ini adalah struktur dari sistem pengolahan informasi yang terdiri dari sejumlah besar elemen pemrosesan yang saling berhubungan (neuron), bekerja serentak untuk menyelesaikan masalah tertentu. Cara kerja JST ini sama seperti cara kerja otak manusia, yaitu belajar melalui contoh. Sebuah JST dikonfigurasi untuk aplikasi tertentu, seperti pengenalan pola atau klasifikasi data, melalui proses pembelajaran. Jaringan saraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba mensimulasikan proses pembelajaran. Jaringan saraf tiruan ini dibuat dengan menggunakan

program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran (Prahesti, 2013). Jaringan Syaraf Tiruan berasal dari penelitian kecerdasan buatan, terutama percobaan untuk menirukan fault-tolerance dan kemampuan untuk belajar dari system syaraf biologi dengan model struktur low-level dari otak.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma *Backpropagation* (Sumber: Arun Goel, 2011).

Kriteria Tingkat Kesalahan

Arun Goel (2011) berpendapat, ada 2 kriteria tingkat kesalahan, yaitu:

1. *Correlation Coefficient* (R)

Correlation Coefficient (R) merupakan perbandingan antara hasil prediksi dengan nilai yang sebenarnya. Nilai R dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$R = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \quad (1)$$

dengan:

$$x = X - X', y = Y - Y'$$

X = Nilai pengamatan

X' = Rata-rata nilai X

Y = Nilai Prediksi

Y' = Rata-rata nilai Y

Menurut Riduwan (2003), Kegunaan analisis korelasi atau uji Pearson Product Moment adalah untuk mencari hubungan variable bebas (X) dengan variable terikat (Y) dan data berbentuk interval dan ratio dengan kriteria sebagai berikut.

0,00 < R ≤ 0,199 : Korelasi sangat rendah,

0,20 < R ≤ 0,399 : Korelasi rendah,

0,40 < R ≤ 0,599 : Korelasi cukup,

0,60 < R ≤ 0,799 : Korelasi kuat, dan

0,80 < R ≤ 1,000 : Korelasi sangat kuat.

2. *Root Mean Square Error* (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. Nilai RMSE dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (X - Y)^2}{n}} \quad (2)$$

dengan:

n = Jumlah data.

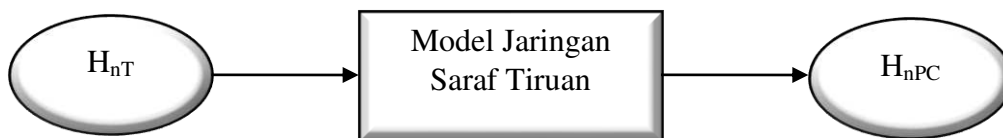
METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Sungai Siak Sub DAS Tapung Kiri Stasiun Tandun Kabupaten Rokan Hulu dan Sub DAS Siak Hulu Stasiun Pantai Cermin Kabupaten Kampar Provinsi Riau.

Pengembangan Model

Secara sederhana, skema penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Sistem Prediksi Tinggi Muka Air Menggunakan JST.

Dari gambar di atas, HnT sebagai data input, merupakan tinggi muka air yang mengalir pada Stasiun Tandun pada hari ke-n dan HnPC sebagai data target, merupakan tinggi muka air yang mengalir pada Stasiun Pantai Cermin hari ke-n. Dengan menggunakan JST yang terdapat pada software MATLAB, dibuatlah model untuk mensimulasikan sistem di atas dengan HnT sebagai data input dan HnPC sebagai data target sehingga dihasilkan suatu model. Adapun tahapan-tahapan membangun model tersebut yaitu pelatihan (training), pengujian (testing), dan validasi (validation). Proses prediksi dilakukan dengan menggunakan model hasil validasi kemudian tinggi muka air hasil prediksi diplot ke dalam excel dalam bentuk grafik hubungan tinggi muka air prediksi dan tinggi muka air aktual. Tinggi muka air aktual diperoleh dari data existing yang tersedia dari data AWLR Stasiun Pantai Cermin tahun 2012.

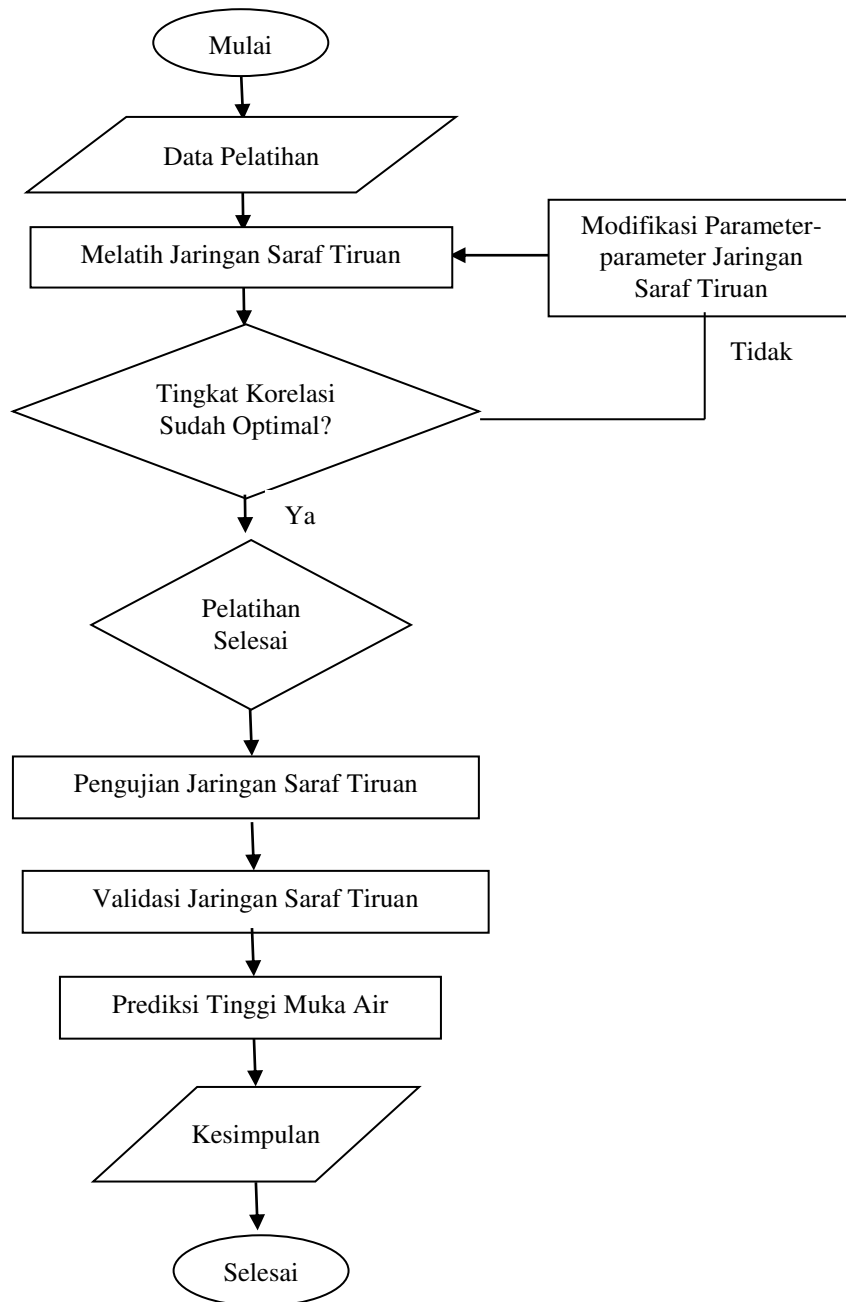
Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data berupa data tinggi muka air hasil pencatatan AWLR dari tahun 2009 s/d 2012 Sumber data diambil dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Sumatera III Provinsi Riau Jalan Cut Nyak Dien 01, Pekanbaru. Adapun distribusi data yaitu:

1. 70% dari total 2009 s/d 2011 digunakan sebagai data pelatihan (*training*),
2. 30% dari total tahun 2009 s/d 2011 digunakan sebagai data pengujian (*testing*),
3. Seluruh data debit tahun 2009 s/d 2011 digunakan sebagai data validasi (*validation*),
4. Data tinggi muka air Stasiun Tandun tahun 2012 digunakan sebagai data input simulasi prediksi, dan
5. Data tinggi muka air Stasiun Pantai Cermin tahun 2012 digunakan sebagai data aktual pembandingan.

Bagan Alir Penelitian

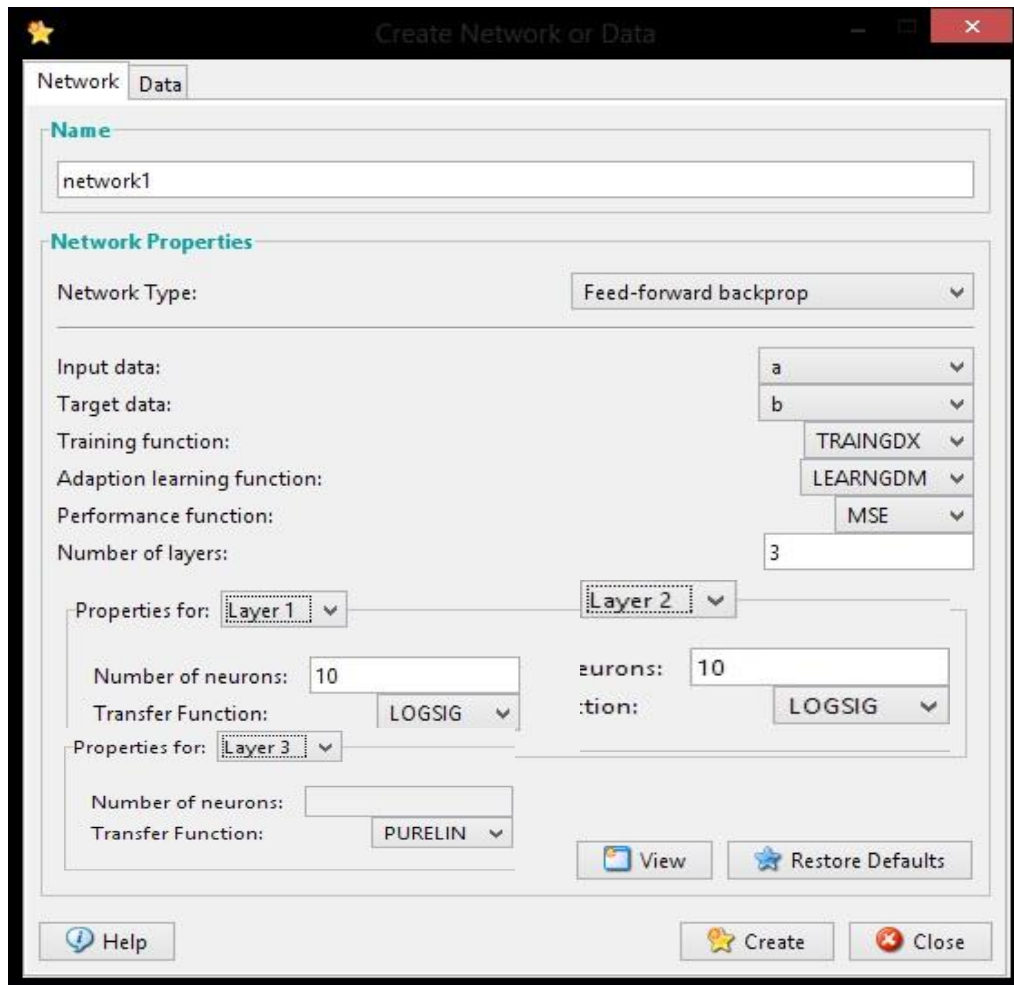
Tahap-tahap yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam bagan alir penelitian pada Gambar 3 berikut.



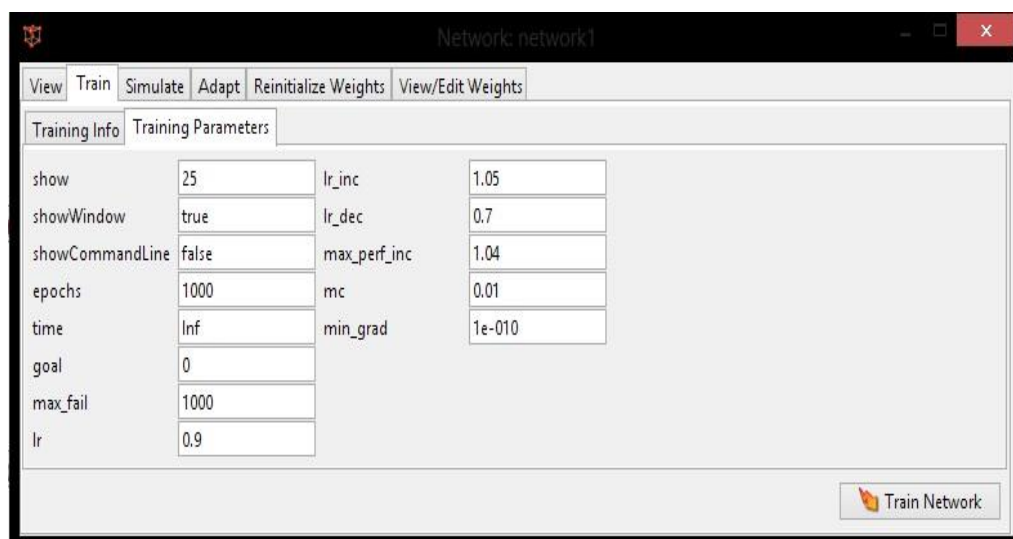
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian Model Prediksi Tinggi Muka Air Menggunakan Pendekatan JST.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses pelatihan diperoleh parameter-parameter JST sebagai berikut.

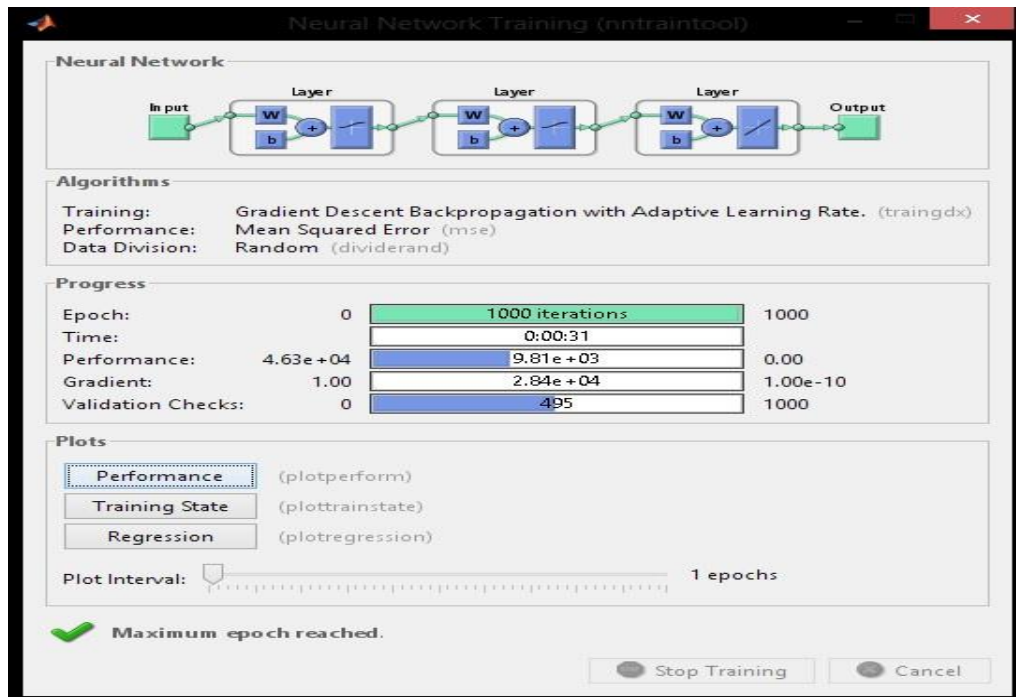


Gambar 4. Propertis Jaringan Pelatihan.



Gambar 5. Parameter-parameter Pelatihan.

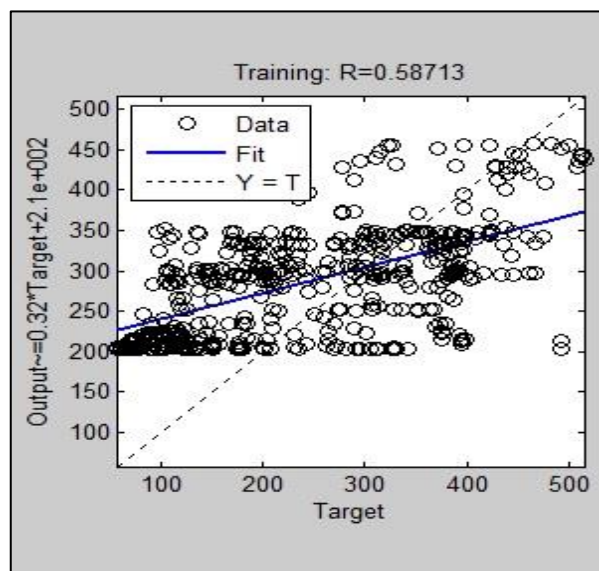
Adapun proses pembelajaran dan hasil pelatihan dengan parameter-parameter di atas disajikan pada Gambar 6 dan Gambar 7 seperti di bawah ini.



Gambar 6. Proses Pembelajaran Pelatihan.

Dari gambar di atas didapatkan informasi sbb:

- Jumlah epoch (perulangan) = 1000 iterasi
- Lama proses pelatihan = 31 detik
- Nilai error yang terjadi (MSE) = 9.81×10^3
- Maksimum kegagalan = 495/1000



Gambar 7. Nilai Korelasi Output dan Target Pelatihan.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa hasil pelatihan menunjukkan nilai Korelasi, $R=0,58713$. Berdasarkan kriteria nilai R pada sub bab koefisien korelasi, maka model JST hasil pelatihan tergolong pada tingkat korelasi cukup. Selain itu, tingkat kesalahan yang dihasilkan dengan nilai $MSE= 9.81 \times 10^3$. merupakan hasil dari model JST yang terbaik. Atas dasar tersebut model JST ini digunakan untuk tahap selanjutnya.

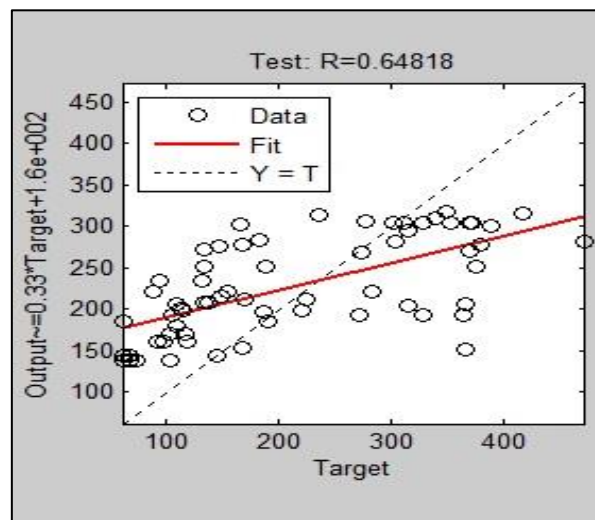
Adapun proses pembelajaran dan hasil pengujian dengan parameter-parameter di atas disajikan pada Gambar 8 dan Gambar 9 seperti di bawah ini.



Gambar 8. Proses Pembelajaran Data Pengujian.

Dari gambar di atas didapatkan informasi sbb:

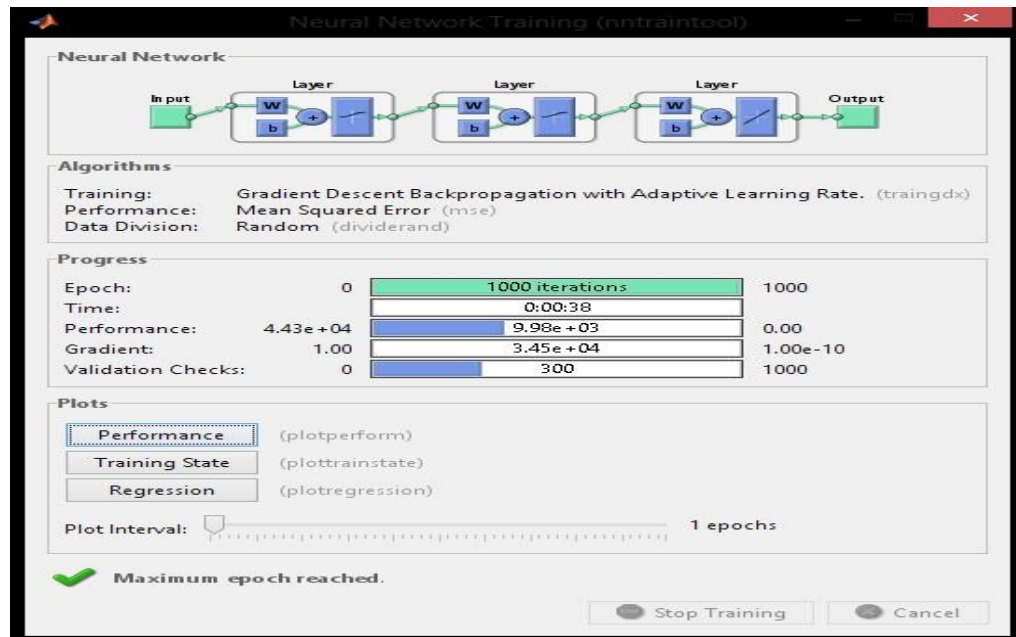
- Jumlah epoch (perulangan) = 1000 iterasi
- Lama proses pelatihan = 20 detik
- Nilai error yang terjadi/MSE = 8.49×10^3
- Maksimum kegagalan = 173/1000



Gambar 9. Nilai Korelasi Output dan Target Pengujian.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa hasil pengujian menunjukkan nilai $R=0.64818$ sehingga berdasarkan kriteria nilai R pada sub bab koefisien korelasi, maka model JST hasil pengujian tergolong pada tingkat korelasi kuat.

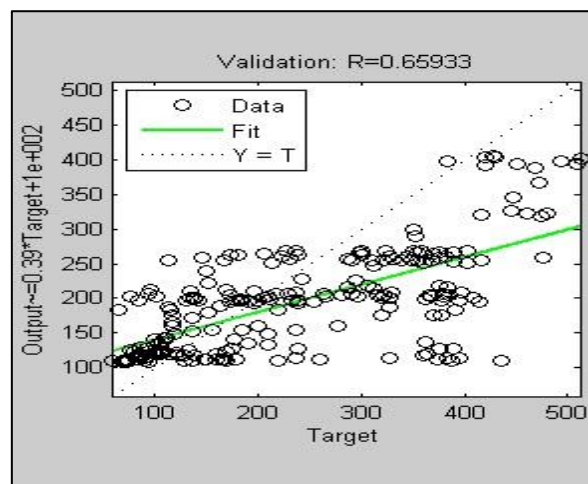
Adapun tahapan-tahapan dan variabel yang digunakan untuk validasi, sama dengan proses pelatihan maupun pengujian sehingga didapatkan hasil validasi yang disajikan pada Gambar 10 dan Gambar 11 seperti berikut ini.



Gambar 10. Proses Pembelajaran Validasi.

Dari gambar di atas didapatkan informasi sbb:

- Jumlah epoch (perulangan) = 1000 iterasi
- Lama proses pelatihan = 38 detik
- Nilai error yang terjadi = 9.98×10^3
- Maksimum kegagalan = 300/1000



Gambar 11. Nilai Korelasi Output dan Target Validasi.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa hasil validasi menunjukkan nilai Korelasi, $R=0.65933$ sehingga berdasarkan kriteria nilai R pada sub bab koefisien korelasi, maka model JST hasil pengujian tergolong pada tingkat korelasi kuat.

Setelah validasi data hasilnya sangat bagus, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan prediksi tinggi muka air di Stasiun Pantai Cermin tahun 2012 dengan

menggunakan data tinggi muka air Stasiun Tandun ditahun yang sama. Adapun proses prediksinya yaitu sbb.

x (target) = data tinggi muka air stasiun Tandun tahun 2012

network1 = model prediksi

y' (Output) = sim(network1,x)

Adapun hasil prediksi (output) kemudian dibandingkan dengan data aktual tinggi muka air yang tercatat oleh AWLR di Pantai Cermin, kemudian dihitung nilai R dan RMSE seperti yang dapat dilihat di bawah ini.

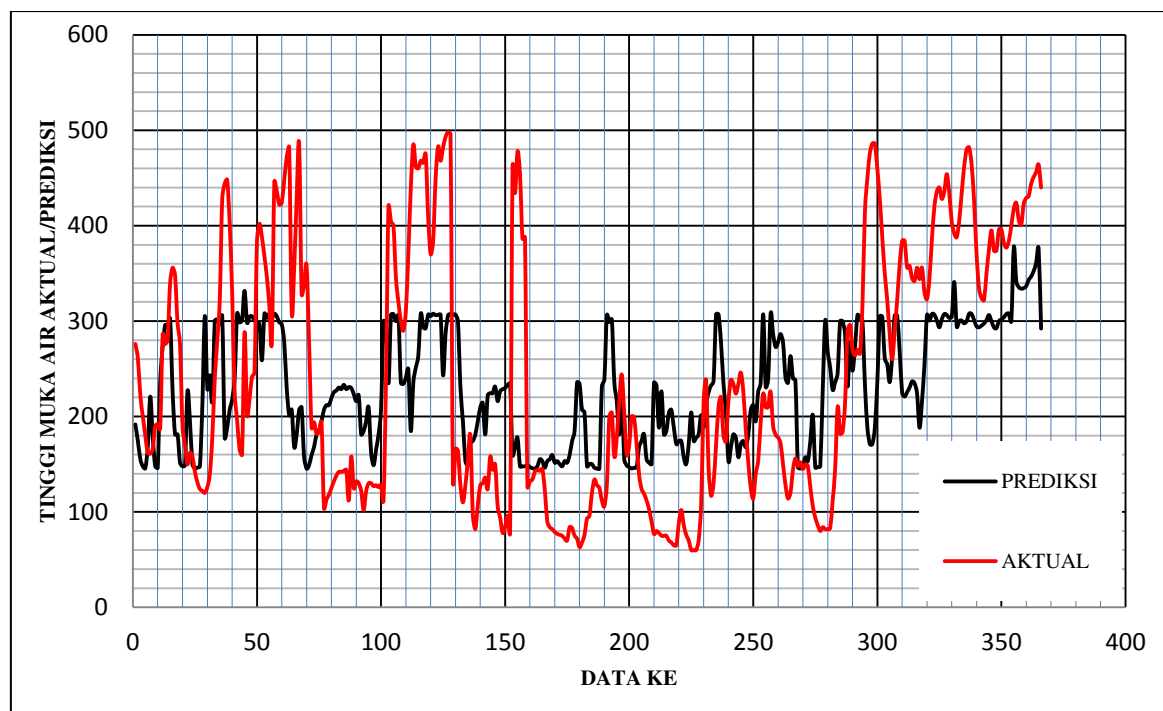
$$R = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} = \frac{1569031.22}{\sqrt{6567673.20 \times 1342700.88}} = 0.5283$$

Mengacu pada kriteria nilai R pada sub bab koefisien korelasi, maka tingkat korelasi antara tinggi muka air aktual dan tinggi muka air prediksi tergolong pada tingkat korelasi cukup.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (X - Y)^2}{n}} = \sqrt{\frac{4815878.43}{366}} = 114.71$$

Berdasarkan nilai RMSE di atas dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi hasil prediksi tidak bagus hal itu dapat dilihat dari tingkat kesalahan yang besar.

Berikutnya, output jaringan dan target dianalisis dengan regresi menggunakan grafik excel yang disajikan pada Gambar 12 seperti di bawah ini.



Gambar 12. Perbandingan Antara Tinggi Muka Air Aktual dan Prediksi Tahun 2012.

Hasil perhitungan nilai (R) dan RMSE menunjukkan bahwa jaringan syaraf tiruan menggunakan tipe network Backpropagation dengan model yang disusun sesuai langkah penelitian, tingkat keandalanya dalam memprediksi hanya mampu menunjukkan pola sedangkan kemampuan analisisnya mengenai besaran tidak begitu baik. Dapat dilihat pada gambar 4.15, grafik data hasil prediksi mengikuti pola grafik data aktual namun nilai kesalahannya terlalu besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses pembelajaran menghasilkan nilai koefisien korelasi (R) dan MSE pada tahap pelatihan = 0.58713 dan 9.81×10^3 , pengujian = 0.64818 dan 8.49×10^3 serta validasi = 0.65933 dan 9.98×10^3 . Maka berdasarkan klasifikasi nilai R, model JST yang dibangun mempunyai tingkat korelasi cukup dan kuat dengan nilai koefisien korelasi berada pada $0,4 < R < 0,799$.
2. Proses prediksi tinggi muka air menghasilkan nilai koefisien korelasi (R) = $0,5283$ dan tingkat kesalahan (RMSE) = 114.71 . Berdasarkan klasifikasi nilai R, model tersebut mempunyai tingkat korelasi cukup kuat dengan nilai koefisien korelasi berada pada $0,4 < R \leq 0,599$.
3. Model jaringan saraf tiruan yang dibangun untuk memprediksi tinggi muka air pada Sub DAS Tapung Kiri Stasiun Tandun dan Sub DAS Siak Hulu Stasiun Pantai Cermin mempunyai tingkat keandalan yang kurang bagus.

Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan untuk pembaca yaitu:

1. Menggunakan tipe network yang berbeda selain Backpropagation untuk mendapatkan hasil penelitian berikutnya.
2. Penelitian model jaringan saraf tiruan ini belum bisa digunakan untuk penelusuran banjir.

Penelitian berikutnya bisa dikembangkan dengan arsitektur jaringan yang terdiri dari multi inputs dan atau multi hidden layers serta single output.

DAFTAR PUSTAKA

1. **Goel, A.** 2011. *ANN-Based Approach for Predicting Rating Curve of an Indian River*. International Scholarly Research Network ISRN Civil Engineering, Volume 2011, Article ID 291370, 4 pages doi:10.5402/2011/291370.
2. **Kusumadewi, Sri.** 2003. *Artificial Intelligence*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
3. **Kusumadewi, Sri.** 2004. *Membangun Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan MATLAB dan EXCEL LINK*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
4. **Prahesti, I.** 2013. *Implementasi Jaringan Saraf Tiruan Algoritma Backpropagation Untuk Memprediksi Curah Hujan Di Yogyakarta*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Informatika. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Manajemen Informatika Dan Komputer Amikom.
5. **Riduwan.** 2003. *Dasar-Dasar Statistika*. Alfabeta : Bandung
6. **Sri Harto.** 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia.
7. **Sutojo, dkk.** 2011. *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Andi Offset.
8. **Suyanto.** 2008. *Soft Computing*. Bandung: Informatika Bandung.
9. **Widodo, P.P dan Handayanto, R.T.** 2012. *Penerapan Soft Computing Dengan MATLAB*. Bandung: Rekayasa Sains.